

УДК 621.311.16

Оценка уровня испытательного напряжения для кабельных линий с бумажно-масляной изоляцией

Батура Е.А., Олешкевич А.А.

Научный руководитель – д.т.н., профессор КОРОТКЕВИЧ М.А.

При выборе испытательного напряжения необходимо руководствоваться следующими положениями:

- испытательное напряжение должно быть выше уровня воздействующих на изоляцию кабеля перенапряжений;
- испытательное напряжение не должно вызывать перекрытий концевых разделок кабеля;
- испытательное напряжение не должно быть опасным для изоляции оборудования сети, которое одновременно подвергается его воздействию.

Известно, что кабельные линии напряжением 6-10 кВ в городской электрической сети работают в условиях изолированной или компенсированной нейтрали. Важнейшее преимущество систем с изолированной и компенсированной нейтралью состоит в сохранении электроснабжения потребителей при длительных (2...6 ч) однофазных замыканиях на землю. Однако в этом случае напряжения неповрежденных фаз возрастают до линейных значений. Особую опасность представляют перенапряжения, возникающие в результате дуговых замыканий на землю. По величине такие перенапряжения достигают до 3,6 от фазного напряжения сети или до двух линейных значений. Продолжительные перенапряжения весьма опасны для изоляции сети.

В настоящее время кабели напряжением 6-10 кВ после их прокладки должны выдерживать испытание в течение 10 мин постоянным напряжением шестикратной величины, т. е. кабели 6 кВ - напряжением 36 кВ; 10 кВ - напряжением 60 кВ. В процессе эксплуатации продолжительность испытаний составляет 5 мин. Большие трудозатраты на выполнение ремонтных работ повредившихся при испытаниях кабелей обусловили необходимость анализа применяемого уровня испытательного напряжения для кабельных линий. Закономерно предположить, что в процессе эксплуатации кабельных линий запас электрической прочности изоляции K_3 с течением времени t снижается за счет теплового и электрического старения изоляции и ее увлажнения. Характер снижения коэффициента запаса электрической прочности изоляции кабеля в относительных единицах K_{3*} может быть представлен в виде:

- линейной зависимости

$$K_{3*} = 1 - \frac{t}{t_c} = 1 - t_*; \quad (1)$$

где t_* , t – продолжительность эксплуатации кабельной линии в относительных и абсолютных (лет) единицах измерения; t_c – нормативный срок службы кабеля, лет;

- экспоненты, т. е. аналогично изменению вероятности безотказной работы кабельной линии с увеличением срока эксплуатации

$$K_{3*} = e^{-at}; \quad (2)$$

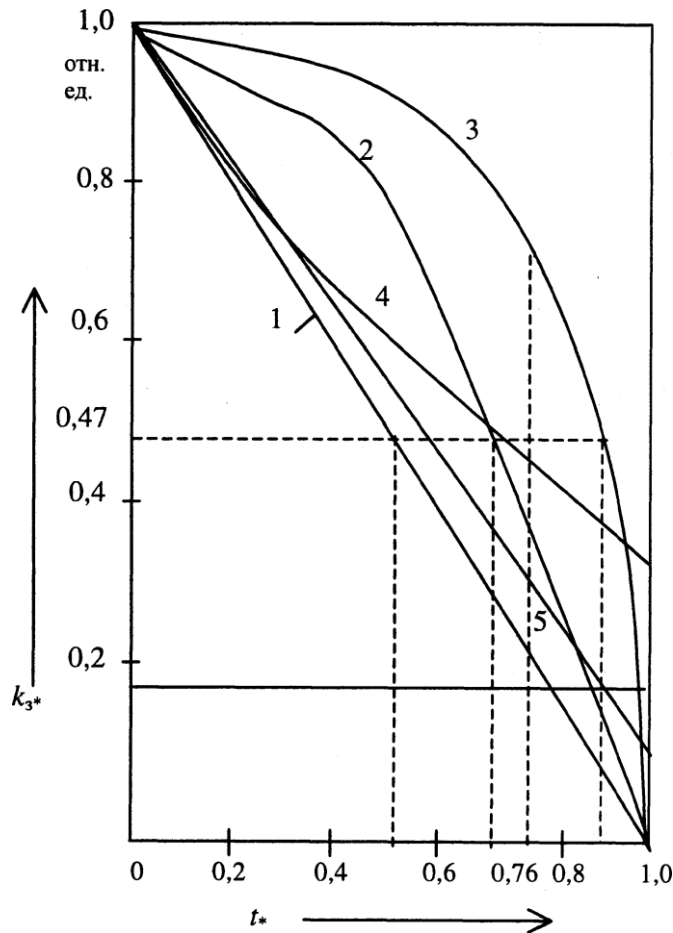
- окружности

$$K_{3*}^2 = 1 - t_*^2; \quad K_{3*} = \sqrt{1 - t_*^2}; \quad (3)$$

- косинусоиды

$$K_{3*} = \cos t_* \frac{\pi}{2}. \quad (4)$$

Зависимость $K_{3*} = f(t_*)$, построенные по формулам (2)-(4), приведены на рис. 1.



$$1 - K_{3*} = 1 - t_*; 2 - K_{3*} = \cos t_* \frac{\pi}{2}; 3 - K_{3*} = \sqrt{1 - t_*^2}; 4 - K_{3*} = e^{-t_*}; 5 - K_{3*} = e^{-at}.$$

Рисунок 1 – Изменение коэффициента запаса электрической прочности изоляции кабеля от продолжительности его эксплуатации:

Указанному значению K_{3*} из [рис. 1] соответствуют относительные сроки службы кабеля: 0,53 (при линейном законе изменения K_{3*} во времени), 0,68 (при законе изменения K_{3*} во времени по косинусоиде), 0,76 (при экспоненциальном законе изменения K_{3*} во времени) и 0,87 (при законе изменения K_{3*} во времени по окружности).

Среднее значение относительного срока службы кабеля, соответствующего коэффициенту запаса электрической прочности изоляции, равному 0,47, составляет 0,72, что адекватно экспоненциальному закону изменения K_{3*} во времени. Как известно, снижение электрической или механической прочности технических систем во времени подчиняется экспоненциальному закону. Тогда уровень испытательного напряжения $U_{исп}$ оценивается по выражению:

$$U_{исп} = U_{исп}^{норм} K_{3*} = U_{исп}^{норм} e^{-at}, \quad (5)$$

где $U_{исп}^{норм}$ - нормативное значение испытательного напряжения постоянного тока (36 кВ - для кабелей 6 кВ; 60 кВ - для кабелей 10 кВ);

$$a \text{ находится по формуле: } n l g a + a \sum_{i=1}^n l g U_{исп i} = \sum_{i=1}^n l g \lambda_{a i}$$

Вывод:

1. Уровни испытательного напряжения постоянного тока для кабелей напряжением 6-10 кВ должны устанавливаться дифференцированно в зависимости от продолжительности эксплуатации кабельных линий.

2. Минимальный уровень испытательного напряжения, определенный исходя из воздействующих на изоляцию кабеля перенапряжений при однофазных замыканиях в сети с изолированной нейтралью, должен быть равен 28 кВ (для кабелей напряжением 10 кВ) и 17 кВ (для кабелей напряжением 6 кВ).

Литература

1. Основные направления совершенствования эксплуатации электрических сетей / М.А. Короткевич. – Мн.: ЗАО “Техноперспектива”, 2003. – 373 с